

## Kerámiák archeometriai vizsgálata

Szakmány György

Archeometria 2011. május 3.

### Bevezetés

- Keramos (görög) – agyag → agyagból készített tárgy
- Máztatlan (terrakotta) ↔ mázas
- Szemcseméret alapján
  - *finomkerámia* – max. 0,1-0,2 mm szemcsék, pórusok fazekasáru, mázas kerámiák, keménycserép, kőedény
  - *durvakerámia* – szemcsék, pórusok mérete > 0,1-0,2 mm építési kerámiák, téglák, kőagyag cső
- Kiegészítési T alapján: *agyagedény* (earthenware) - *kőedény* (stone ware) - *porcelán*

Legkorábbi:  
Dolní Věstonice  
28000 év



Legkorábbi használati  
edény: Jomon kultúra  
12000 év



Legkorábbi Kárpát-  
medencei: Körös-, illetve  
Starčevo-kultúra, 8000 év



## A kerámiák összetevői - áttekintés

kerámia – mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet

### Plasztikus agyag – mátrix

- részben relik, részben újonnan képződött

### Nem plasztikus elegyrészek – törmelék szemcsék, soványítóanyag

- > 15µm
- relik
- ásvány-kőzettörmelék, homok, szerves anyag (növénymaradványok, csont stb.)

### Pórus

### Szegély (máz)

- égetés során kialakul („szendvics” szerkezet)
- mesterséges

Másodlagos fázisok – használat illetve betemetődés során képződnek

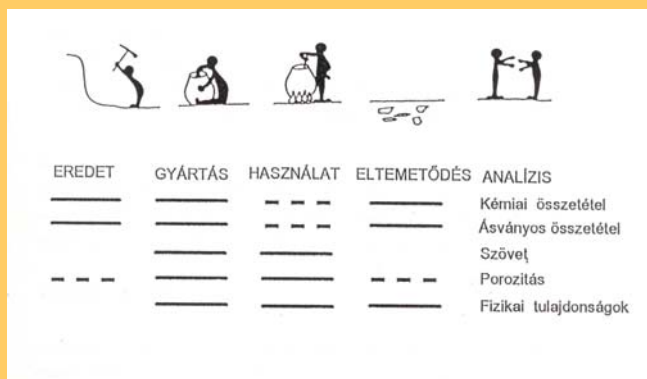


Vörs – neolitikum, Starčevo-kultúra

## Kerámia készítés, használat, betemetődés

- nyersanyag bányászás
- előkészítés, iszapolás
- formázás
- szárítás
- égetés, hőntartás
- díszítés

- *használat*
- *törés*
- *betemetődés*



Egy kerámialelet története a nyersanyag bányászatától az elemzésig (Maggetti, 1982)

## Nyersanyag kiválasztás, előkészítés

Agyag kiválasztás – edénytípustól is függ

Korai időkben: megfelelő agyagos nyersanyag(ok) felkutatása a környéken

Előkészítés:

- nagy szemcsék kiszedése (edényvastagság függvénye)
- szitálás
- üleptés (levigation) → slip;  
agyag+soványítóanyag kiválasztás  
korai időkben ritka

Nedvesítés → plaszticitás + soványítás (ha szükséges) → összegyúrás  
követelmény: nem plasztikus elegyrészek egyenletes eloszlás

## Agyag

**Agyag tulajdonságai:**

uralkodóan  $< 2 \mu\text{m}$  szemcse nagyság

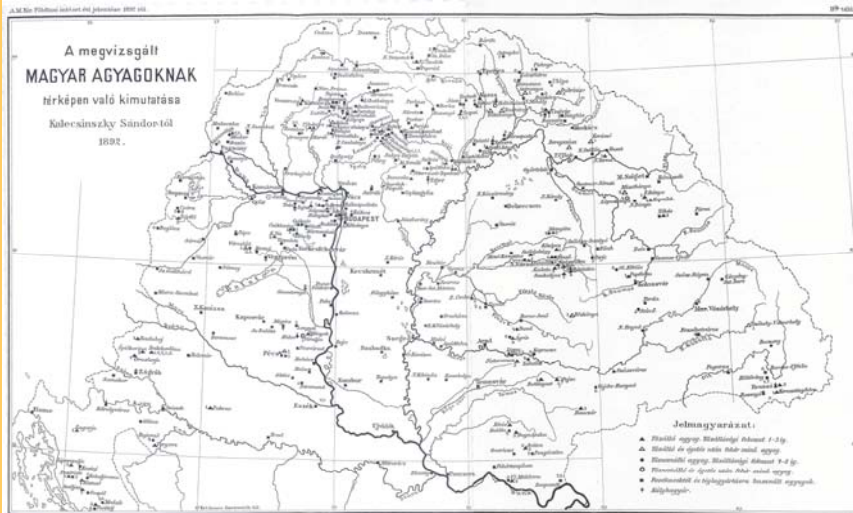
elsősorban agyagásványokból áll – szilikátok (földpátok, földpátpótlók) és kőzetüveg lebontásával és szerkezetének átalakulásával képződik

- kaolinites – illites – montmorillonitos
- meszes ↔ nem meszes
  - mésztartalom gyakran problémás:  $\text{CaO} \rightarrow$  oltott mész  $\rightarrow$  térfogatnövekedés  $\rightarrow$  kipattogzás
- kövér ↔ sovány
- tűzálló (hőálló) ↔ nem tűzálló (olvadáspont  $>$  illetve  $< 1550^\circ\text{C}$ )
  - hőálló: illites és kaolinites
  - Magyarország: hőálló csak hegységi és hegységperemi területeken

## Magyarország agyaglelőhelyei 1.

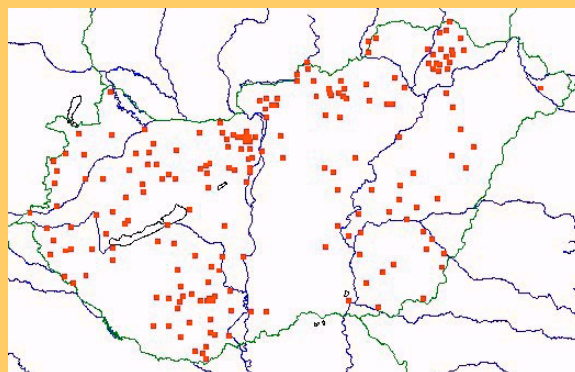
Matyasovszky-Mátyásfalvi Jakab és Petrik Lajos (1885); agyagok besorolása: 3 csoportba és 8 tűzállósági fokozatba

Kiegészítések és térkép: Kalecsinszky Sándor (1892-1905)



## Magyarország agyagbányái 2.

Legújabb, archeometriai szempontú összeállítás: Babinszky Edit (nem publikált) → térkép: *Nyersanyag atlasz – nem érces őskori nyersanyagok Magyarországon és a környező területeken* ([www.ace.hu/atlas](http://www.ace.hu/atlas))



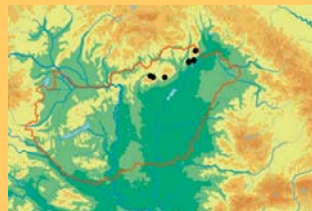
## Nemesagyag

**Nemesagyag** (kaolinit és/vagy illit) – felső miocén S magmatitok hidrotermás lebontásával

helyben képződött (autochton)

hőálló (tűzálló)

**porcelángyártás**



### Előfordulás:

Tokaji-hegység: Szegilong, Mád-Bomboly (kaolin)

Füzérradvány (illit)

Kelet-Mátra: Felnémet, Reesk, Mátraderecske

## Tűzálló agyag 1.

**Tűzálló agyag** (kaolinit és/vagy illit + olvadáspontr csökkentő szennyezések – pl. kvarc, földpát, gipsz, karbonát, szerves anyag stb.)

S-N magmatitok lebontásával

áthalmazott (allochton)

mészmentes vagy nagyon kevés és finomszemcsés mészsanyag

*durvakéramia, kályhacsempé, samott, kerámit, főző-sütő edény*

### Előfordulás:

Hegységi-hegységperemi területeken → fő fazekasközpontok

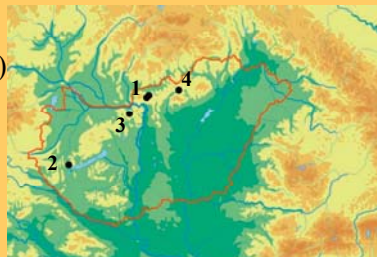
*Jelenlegi/közelmúlt legfontosabbak:*

Bánk-Felsőpetény-Romhány (K-Börzsöny) (1)

Cserszegtomaj (Keszthelyi-hg.) (2)

Sárisáp (3)

Nemti (saválló agyag) (4)



## Tűzálló agyag 2.

Régészeti kerámiák szempontjából fontosabb lelőhelyek:

**Gömör – Rimaszombat környéke**

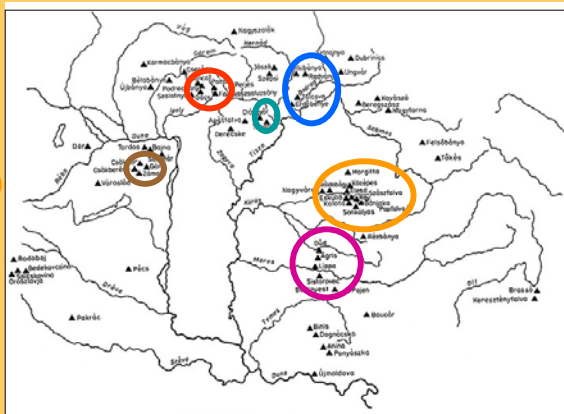
**Miskolc környéke**

**Zemplén és Ung**

**Nagyvárad (Sebes-Körös)**

**Lippa (Maros)**

**Csákvár**



Domokos 1988-2002

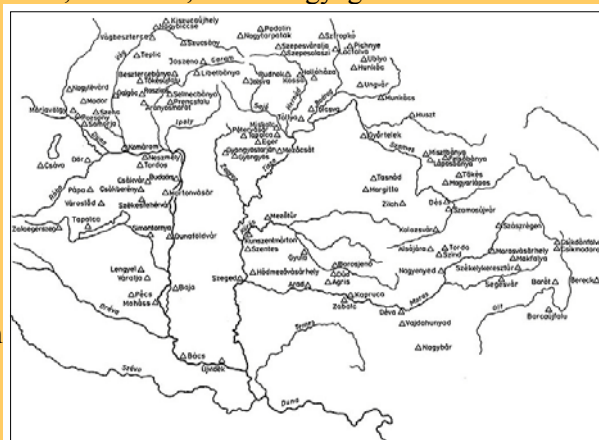
## Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonit agyagból áll

- **tégla- és cserépagyag**
- **korsók** – mázatlan; nagyobb Fe-tartalmú, kövér agyag
- **tálak** – mázas, XVI. szd-tól; homokos, meszes agyag is alkalmas

### **Előfordulás, felhasználás:**

- Kárpát medence szinte egész területén
- Nagyon sokféle, uralkodóan fiatal (oligocén-holocén) agyagok, agyagos üledékek, illetve ezeken képződött talajok megfelelő szintjei



Domokos 1988-2002

## Nem tűzálló agyag – korsós, tálasközpontok

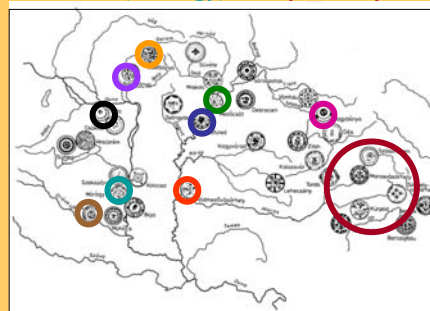
Nagyszámú lelőhely és fazekasközpont - jelenlegiek az őskori és középkori központok helyén és hagyományokon alakultak ki

*korsósok:*

**Mezőtúr**  
**Szentes**  
**Nádudvar**  
**Mohács**  
**Korond**, stb.

*tálások:*

**Hódmezővásárhely** Siklós  
**Mezőcsát** Tata  
**Tiszafüred** Libetbánya  
**Nagybánya** Alsó Garam-völgy  
**Sárköz (Mórág)** Ny-Erdély, stb.



Domokos 1988-2002

## Nem plasztikus elegyrészek - áttekintés

*Szerepe:* szerkezet fellazítása → egyenletes száradás és kiegészítés → repedezés, törés valószínűségének csökkentése

- természetes eredetű törmelék szemcsék
- soványítóanyag – mesterségesen adagolt
  - homok (- apró kavics)
  - összetört kőzettörmelék
  - tört kerámia (grog)
  - grafit
  - szervesanyag (pl. pelyva)
  - csonttörmelék
  - kagylóhéj



Bronzkor, Biatorbágy  
fotó: Kreiter Attila

## Kerámia formázás - technikák

*Elsődleges:*

- Hurkatechnika (coiling, ring building)
- Szalagtechnika (slab building)
- Nyomkodásos (pinching)
- Felhúzás (drawing)
- Korongozás (throwing) - gyors korong
- Sablonformába benyomás (molding)

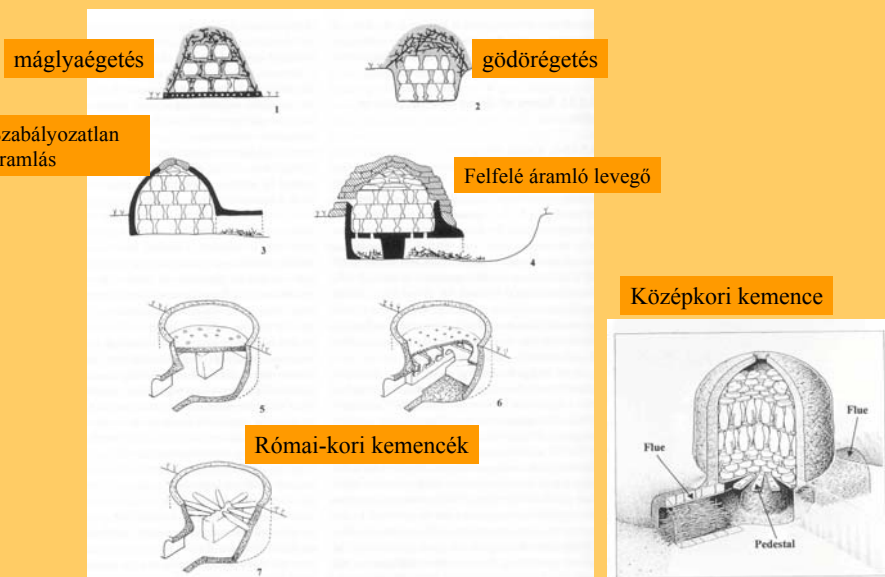
*Másodlagos:* elsődleges formázás hibáinak eltüntetése

- Lassú korong
- Kaparás (scraping)
- Ütögetés és megtámasztás (beater and anvil)
- Kiálló részek leszedése (triming)

*Díszítés* - változatos eszközökkel (köröm, kagylóhéj, „fésű”, egyéb eszközök)

- Plasztikus állapotban
- Szárítás után, bőrkemény állapotban

## Kiégetés 1. - Kemencetípusok



Henderson, 2000

## Kiégetés 2.

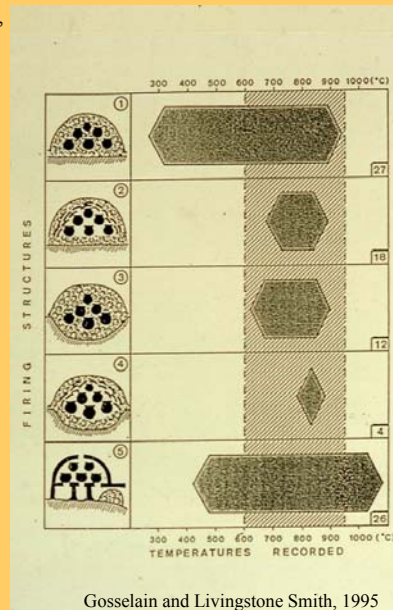
**Szabadtéri égetés** (máglyaégetés: 1, 2, gödöröségetés: 3, 4; a 2, 4, cserépboritással); kevésbé szabályozott

- Gyors felfűtés (20-30 perc)
- Rövid hőtartás, kiégetési idő:
  - Máglyaégetés: 30-60 perc
  - Gödöröségetés: 2-3 óra
- Alacsony maximális hőmérséklet (600-800°C)
- Oxidáló/redukáló atmoszféra; kevésbé szabályozható
- Durvaszemcsés kerámiák

**Kemenceégetés (5)** – szabályozható, állandó minőség

- Lassú felfűtési sebesség (néhány óra)
- Hosszabb hőtartás, kiégetési idő: > 7 óra
- Magas maximális hőmérséklet (700-1000°C)
- Szabályozható atmoszféra
- Finomszemcsés kerámia

**oxidatív – redukív** →  
szín: vörös – fekete  
(szendvicsszerkezet)



## Máz, festés

Kerámia felületére nagy T-n ráégetett üveg + adalékanyagok

Technológia: többszörös égetés

- **Zsengélés**: első égetés; cél: a formázott agyagedény → kerámia
- **Mázás égetés**: második égetés; cél: a máz ráolvadjon a kerámiára

**Ólomház** – átlátszó + aláfestés

**Ónmáz** – átlátszatlan fedőház – majolika, fajansz (nálunk: habánok XVI-XVII. század) + fedőfestés díszítés



Habán korsó

**Szín, festék** - mázzal egybeolvadó, abból kivált fém-oxidok

- Fe: (*hematit, limonit*): sárga, barna, (zöld)
- Mn: (*piroluzit*): sötétbarna, fekete, ibolya
- Co: kék
- Cu: zöld, kék, (bíborvörös)
- Cr: zöld, sárga



Majolika – Iparművészeti Múzeum  
(T. Bruder, 2005)

## Gyártási módok

### Házikerámia

### Fazekasműhelyi vagy gyári kerámia

- Könnyen és helyben hozzáférhető ↔ A nyersanyag gondos kiválasztása nyersanyag
- Korlátozott lehetőségek a gyártáshoz ↔ Széles lehetőségek a gyártáshoz
- Kézzel kialakított ↔ Korongolás
- Szabadtéri kiégetés ↔ Kemencés kiégetés
- Nem fazekas készíti, „részfoglalkozásban” ↔ Fazekas készíti, teljes munkaidőben
- Saját vagy helyi használatra ↔ Piacra készül

## Anyagvizsgálati módszerek 1.

Kerámia: mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet → vizsgálata elsősorban ásványtani, kőzettani és geokémiai módszerekkel történik

Anyagvizsgálati módszer	Vizsgálati célterület	Cél
<b>Petrográfia</b>	Soványító anyag Szövet (+mátrix) Másodlagos fázisok	Nyersanyag azonosítása Származási hely Technológia Használati ill. betemetődési viszonyok
<b>Rtg-pordiffrakció</b>	Mátrix Másodlagos fázisok	Technológia (kiégetés T) Nyersanyag azonosítása Betemetődési viszonyok
<b>Kémiai elemzések (fő- és nyomelemek) (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA)</b>	Teljes anyag (mátrix + soványító anyag)	Származási hely Műhely azonosítása
<b>Egyéb (Elektronmikroszkop, SEM, Mikromineralógia, Katódlumineszcencia stb.)</b>	Vizsgálati eszköztől függ	Nyersanyaglelőhely, technológia pontosítása Utóhatások

## Anyagvizsgálati módszerek 2.

Vizsgált rész	Analitikai módszerek	Cél
<b>Soványító anyag</b>	Petrográfia (összetétel) (Elektronmikroszkop) (Mikromineralógia)	Nyersanyagazonosítás Származási hely Technológia
<b>Mátrix</b>	Rtg-pordiffrakció Petrográfia (szövet) (Scanning elektronmikroszkóp)	Technológia (kiégetési T) Technológia (készítés körülményei) Származási hely (?)
<b>Soványító anyag + mátrix együtt</b>	Kémiai elemzés (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA, stb.)	Csoportosítás Származási hely
<b>Másodlagos fázisok</b>	Petrográfia Rtg-pordiffrakció Elektron-mikroszkop, SEM	Utólagos események (pl. használat, tüzesetek) Betemetődési viszonyok

## A polarizációs mikroszkópi vizsgálat

- Alapvető vizsgálati módszer: nem plasztikus elegyrészek, szövet

**Mintaelőkészítés:**

vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30 µm → áttetsző

**Vizsgálati eszköz:**

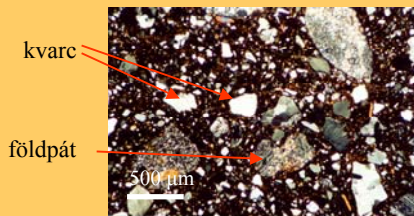
Polarizációs mikroszkóp



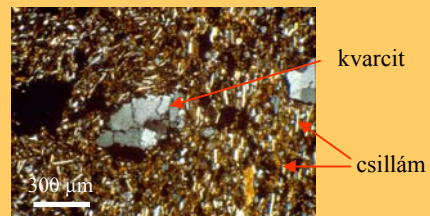
**Roncsolásos vizsgálat!**

## Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:



Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra

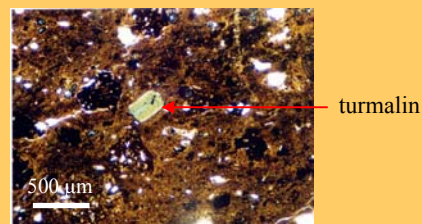


Szőny, Római kor

Ritka elegyrészek (akcesszóriák):



Szarvas, neolitikum – Körös kultúra



Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

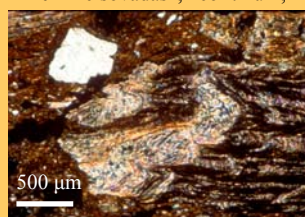
## Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

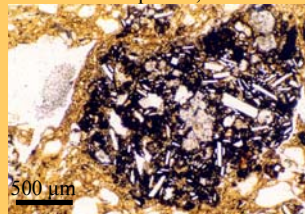
**Talkpala** - Vaskeresztes, vaskor



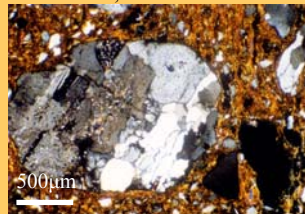
**Fillit** – Felsővadász, neolitikum, Bükk kultúra



**Bazalt** - Lovászpataka, vaskor

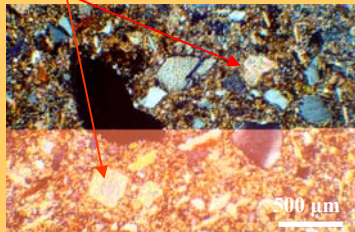


**Gneisz** – Sé, vaskor



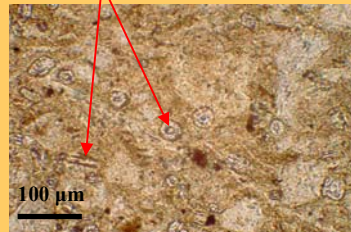
### Nem plasztikus elegyrészek 3. Mésző, kalcit, ősmaradványok

*Elsődleges kalcit*



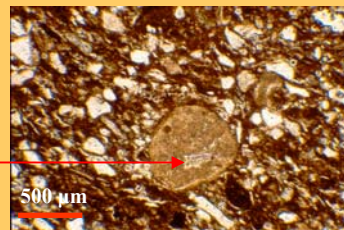
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

*Kovaszivacstű*



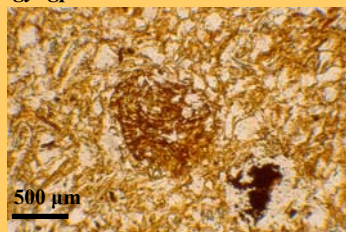
Bicske, neolitikum -Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

*Kovaszivacstű mészőben*  
Bicske, neolitikum – Dunántúli  
Vonaldíszes Kerámia



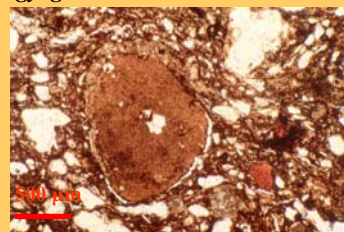
### Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia

*Agyagpellel*



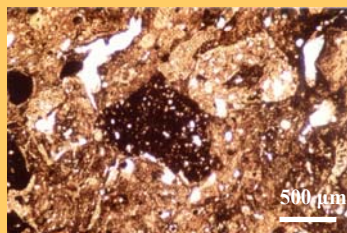
Szóny, Római-kor

*Agyagos köztörmelék*

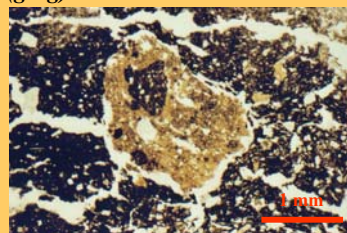


Felsővadász, bronzkor

*Kerámia töredékek (grog)*



Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra



Százhalombatta, bronzkor, Nagyrév-kultúra (Kreiter A.)

## Nem plasztikus elegyrészek 5.

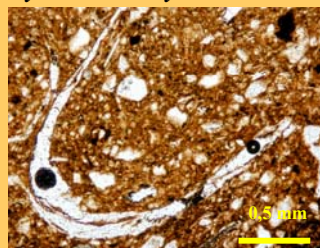
### Szerves anyag

*Szerves anyag*



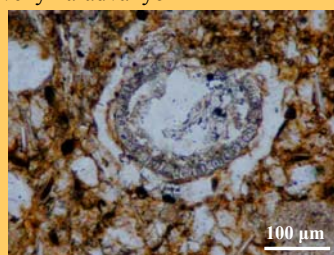
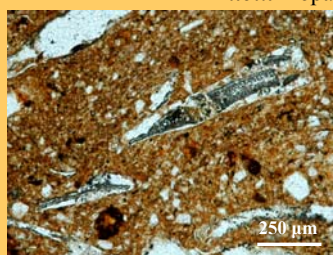
Vörs, neolitikum

*Pelyva maradványa*



Szarvas-23 kora neolitikum

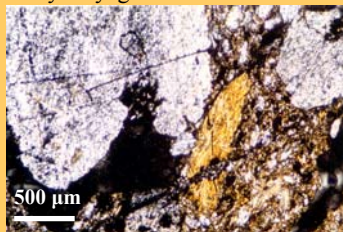
### *Fitolit* – opál anyagú növénymaradványok



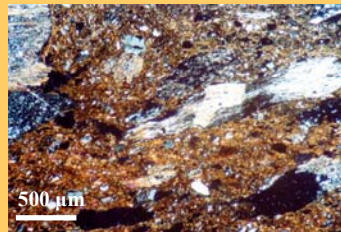
## Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

### Monomikt törmelékanyag

– hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



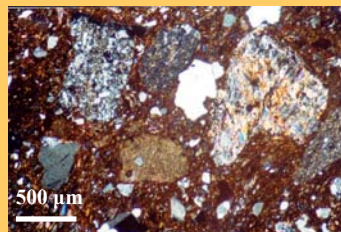
Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra

### Polimikt törmelékanyag - nyersanyagkeveredés

-Természetes eredetű

- földtani helyzet - síksági folyóvízi anyag  
(nagyobb méretű szemcsék koptatottak)

- Mesterséges keverés - soványítóanyag



Felsővadász, bronzkor

Soványítóanyag: helyi – nem helyi

## A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 1.

A származási hely **azonosítása eredményes**: ha van olyan ásvány vagy kőzettörmelék esetleg ősmaradvány, amelyik egy adott területre jellegzetes (ld. talkpala, bazalt, fillit, gneisz, amfibol, kovaszivacsstű)

– főleg hegységi-hegységközeli területen.

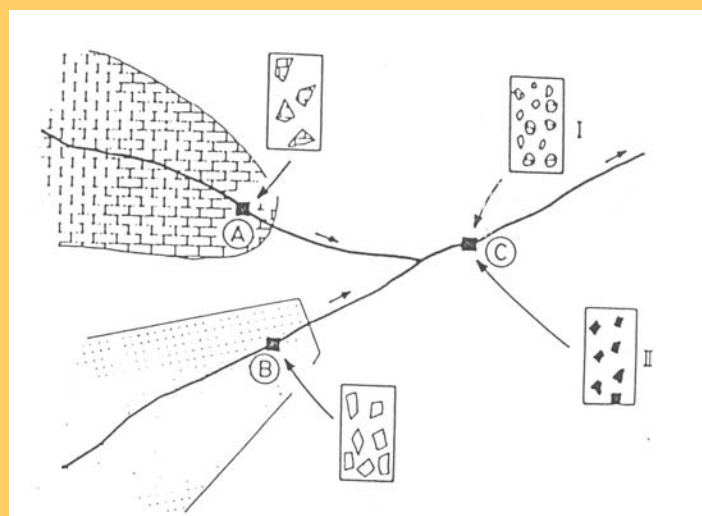
– általában **nagy mennyiségű** kerámiából

Az azonosítás sikere függ az **adott kőzet elterjedésétől**, illetve **változékonyságától**, továbbá a **terület geológiai feldolgozottságától**.

– Az azonosítást csak az adott terület földtanával - kőzettanával történt részletes egyeztetés után szabad megtenni.

Fontos eredmény lehet a nem helyben készült, „**idegen**” anyagú kerámiák kimutatása.

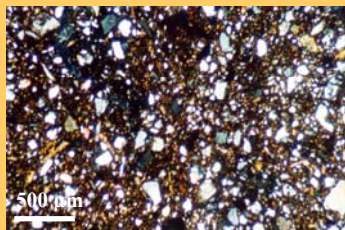
## A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.



Maggetti (1994)

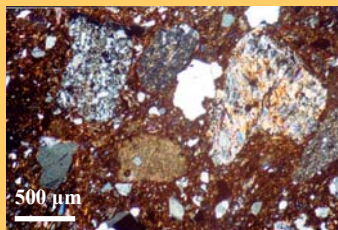
## Szöveti vizsgálatok → technológia

### Szeriális



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

### Hiátuszos



Felsővadász, bronzkor

### Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel

**Hiátuszos** – szándékos soványítás  
de: esetenként természetes üledék  
is lehet hiátuszos (pl. folyóvízi  
homok)



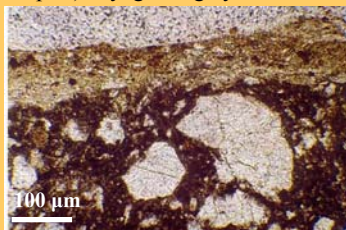
Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

## Szegély

**Slip** – vékony agyagbevonat

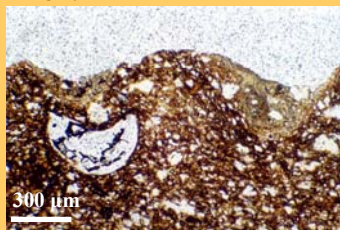
**Engob** – színes földfesték

Formázás után, de a kiégetés előtt  
(iszapolt) anyagú szegély



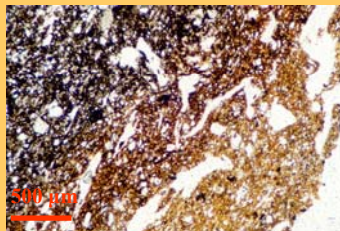
Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra

Karbonátos, finomszemcsés anyagú  
szegély a bekarcolásokban



Felsővadász, Neolitikum – bükki kultúra

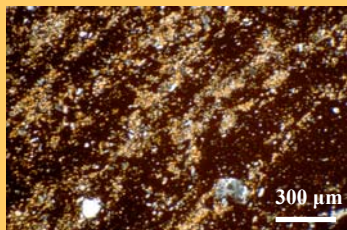
Szegély kialakulása az égetés –  
hőntartás során, oxidatív – redukív  
körülmények változásának hatására



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

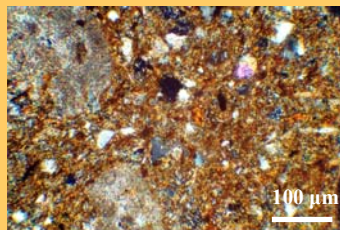
## Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

*Karbonátos átítatás*



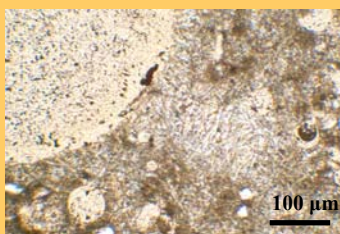
Szóny, Római-kor

*Póruskitöltő karbonát + átítatódás*



Endrőd, Neolitikum – Körös kultúra

*Megolvadás*



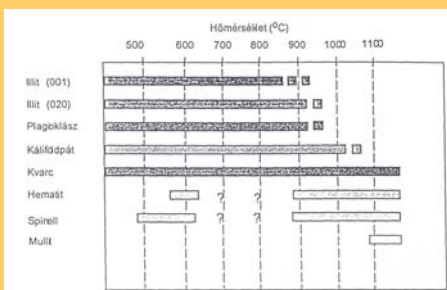
Bicske, Neolitikum, – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

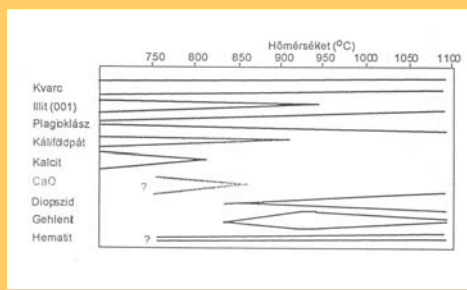
Alapvető vizsgálati módszer:

- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Illites, nem meszes agyag:

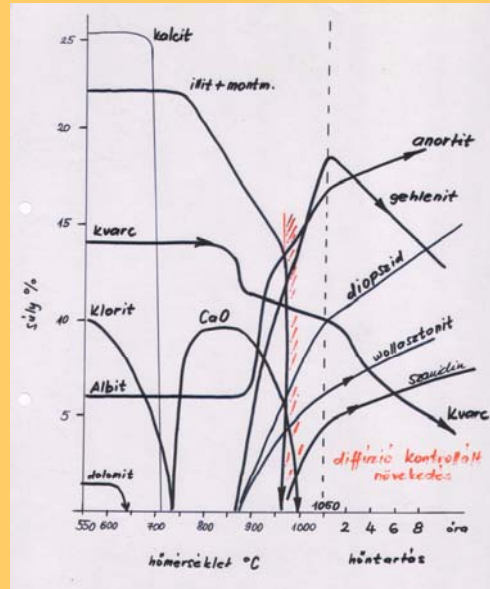


Illites, meszes agyag:



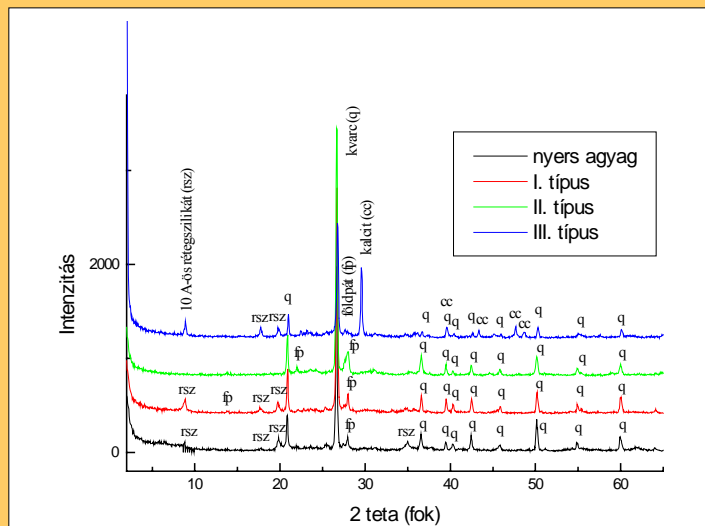
Maggetti, 1982

## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 2.



## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat – példa

Borsod X. századi kerámiák (Szilágyi V. 2004.)

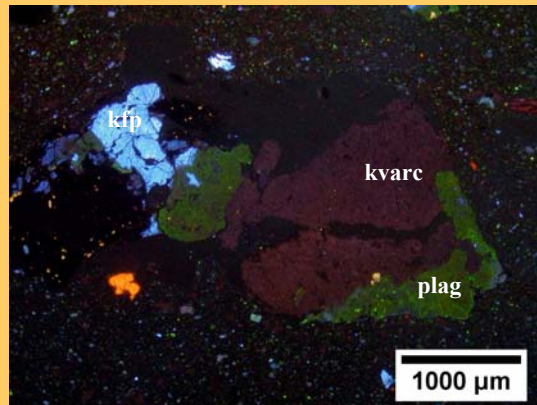


A közzétani módszerrel elkülönített típusok egyértelműen azonosíthatók.

## Katódlumineszcencia

Petrográfiai vizsgálatok kiegészítéséhez

- Különböző típusú és eredetű kvarc, földpátok, karbonátok elkülönítése
- Feltételezett nyersanyagok összetevőivel való összevetés



Kelta kerámia – Bátaszék-Körtvélyes dűlő, Pánczél P. 2010 diplomamunka

## Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Petrográfiai mikroszkópnál jobb felbontás: mikroszerkezeti bélyegek vizsgálhatók

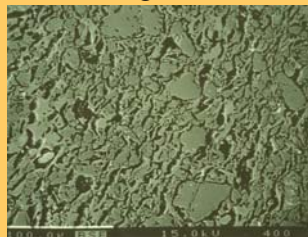
Kiégési – hőntartási folyamatok nyomonkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

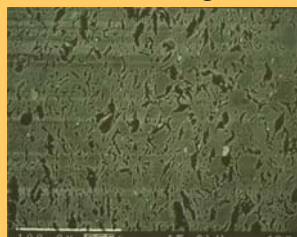
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

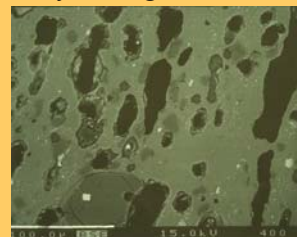
*kezdődő üvegesedés*



*előrehaladott üvegesedés*



*kiterjedt üvegesedés*



*Tite nyomán*

**Túlégett kerámiák archeometriai vizsgálati eredményei – Borsod példája**  
Szilágyi V. 2004)

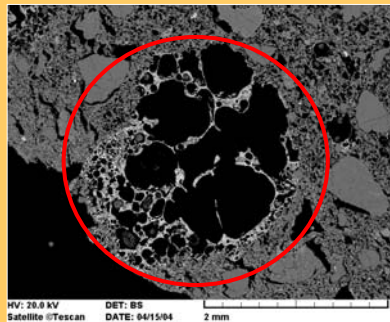
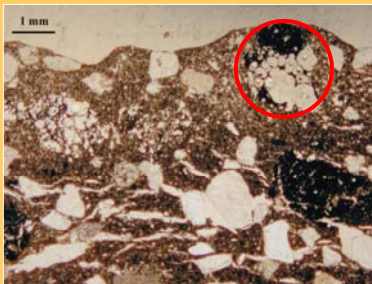
Kiégési hőmérséklet becslése – túlégett kerámiák példája  
(SEM+EMPA)

A régészeti bizonyítékok szerint a falu  
**leégett.**  
A kerámia leletanyagban **deformálódott,**  
**felhólyagosodott felszínű töredékek**  
találhatók.

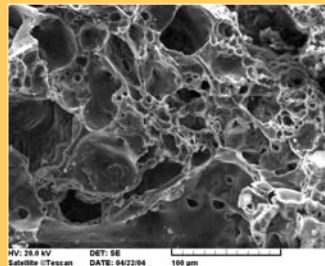


**Túlégett kerámiák archeometriai vizsgálati eredményei – Borsod példája**

Kiégési hőmérséklet becslése – túlégett kerámiák példája (SEM+EMPA)

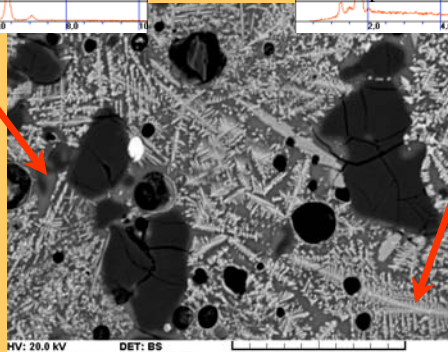
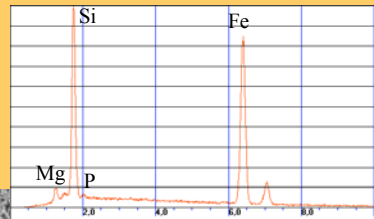
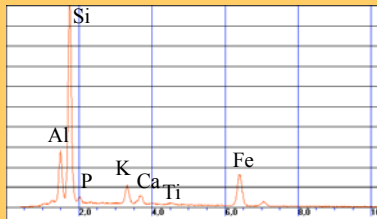


- Salakszerű felhólyagosodás, amelynek megolvadt íves, karéjos szegélyei kőzetüvegből állnak.
- A pórusok szövete megolvadt, homogenizálódott; “kelő nyers tészta”-hoz” hasonlít.



Túlégett kerámiák archeometriai vizsgálati eredményei – Borsod példája

Kiégetési hőmérséklet becslése – túlégett kerámiák példája (SEM+EMPA)



üveges fázis

oxid	tömeg%
Na2O	1,88
MgO	1,48
Al2O3	16,86
SiO2	52,93
P2O5	2,52
K2O	3,11
CaO	1,77
TiO2	0,80
FeO	18,65
TOTAL	100,00

vázkristályok

oxid	tömeg%
MgO	5,24
Al2O3	2,02
SiO2	34,42
FeO	57,29
TOTAL	98,97

gyors lehülés

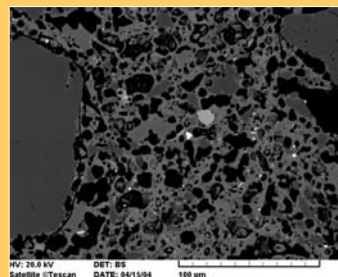
Túlégett kerámiák archeometriai vizsgálati eredményei – Borsod példája

Kiégetési hőmérséklet becslése – túlégett kerámiák példája (SEM+EMPA)

A pórusoktól távolabb a kerámiák szövetében is elváltozás tapasztalható:  
 - részlegesen homogenizálódott,  
 - összeolvadt szemcsék és pórusok,  
 - az eredeti szöveti irányítottság eltűnt.

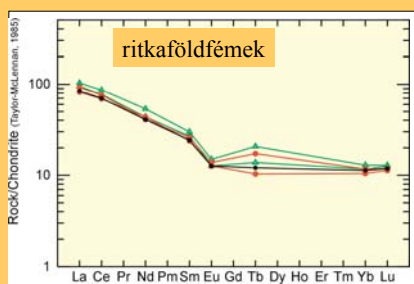
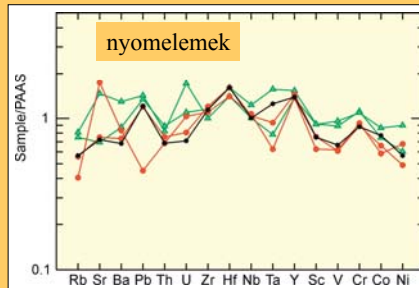
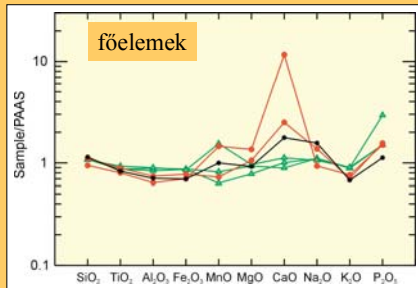
Min. 900-1000 °C

(Cultrone et al., 2001;  
Tite et al., 1982)



## Geokémia

Kerámia – patics – helyi üledék összehasonlítása: Endrőd-39 lelőhely, Neolitikum



- kerámia  
— patics  
— helyi üledék
- A helyi üledék kémiai összetétele hasonló a kerámiák és a patics kémiai összetételéhez → **közvetlen helyi nyersanyag-felhasználás**
  - A kerámiák nagyobb Al- és néhány immobilis nyomelem-tartalma → **nagyobb agyagtartalomra utal**

## Mössbauer spektroszkópia

- vas-oxidok, vas-hidroxidok, vas-oxi-hidroxidok, vastartalmú szilikátok pontos meghatározása
- vas oxidációs állapotának meghatározása, változásának nyomonkövetése
- vasásványok szerkezete, koordinációs állapotok

→ **Kiegészítő, hőtartási körülmények rekonstrukciója**

*Hátrány*

- magas költség
- utólagos oxidációs-redukciós folyamatok zavaró hatása